

S157+872下2  
S7147  
112

# 水土保持及防护林学讲义

(下)

南京林业大学

林学系

一九八六年十月



山地往往沿着这些结构面呈大块状或沟状，深沟状崩塌，深度可达几米，下冲沙量巨大，局部危害严重，但不如浅层滑坡普遍。此外，当河流两岸或沟谷边坡下部被水流冲刷淘空，上部土块或岩体在重力作用下塌落，称沿岸崩塌，这在洪灾中较为普遍，毁坏两岸的农田和建筑物。

### 3. 泻溜

土粒和沙石在坡面上都有一定的安息角，当坡度超过其安息角时，就会产生位移，土沙或石块滚动下落，称为泻溜。除了重粘土之外，一般土沙和卵石的安息角都在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 范围。超过这个范围的陡坡和崩滑体坡面，都很容易发生泻溜。这也是很普遍的现象，它对提供泥石流物质来源有一定作用。

#### (二) 水土保持林对重力侵蚀的效应

防止重力侵蚀的主要任务就是通过植被的水土保持作用和它的水文学特性，来调节地表径流和水蚀，以保护土壤表层下层土体免受雨水和重力的破坏。乔木、灌木和草本植被对于解决这方面的问题有决定性的意义。但林木对重力侵蚀的影响，是起促进或抑制效应，目前在国内外还存在着争论，认识很不一致。我们认为林木对重力侵蚀的效应，随着地质、地形、雨量、雨型、树种和林分组成的不同而异，不能作一刀切的结论。

水土保持林能阻截暴雨打击和地表流水冲刷，起了消能保土作用；但暴风雨会摇动树体增加承压力。林地土壤又有利于水分入渗和土内径流。这样，林木对重力侵蚀就包括了正负两方面的效应。其中最主要的是树木根系对重力侵蚀的作用力会产生各种抵抗应力，若根系抵抗应力大于可能位移的土体及其上林木重量的作用力，能防止重力侵蚀的发生。当山坡表土层要沿着透水性差的底层滑落

时，树体就会产生回转。如图4—5所示。于是，根系①和②产生抵抗压缩的应力，根系③产生抵抗折断的应力（根系②也有一部分这方面的抵抗力），根系④抵抗往下拉撕的应力。一般来说，根扎得愈深，根幅愈大，根系越粗壮，则防止重力侵蚀的能力越强。不过，由于土层崩滑和树体回转时所产生的这些地中应力，在树体周围半径1米的范围内较小，而在其外则较大，并且各种作用力和抵抗力的效应是不同的。因此，根系③是抵抗土层崩滑最主要的部分，沿着这个方向伸展的根系具有最大的防止崩滑效果。随着这部分根系向透水性差的底层或基岩伸长深入的状况不同，对抵抗重力侵蚀的效能也就有很大差异。

据北京林学院对北京西山土石山地25年生油松元宝枫混交林根系的研究，主要树种油松不但地上部分比伴生树种元宝枫高大，

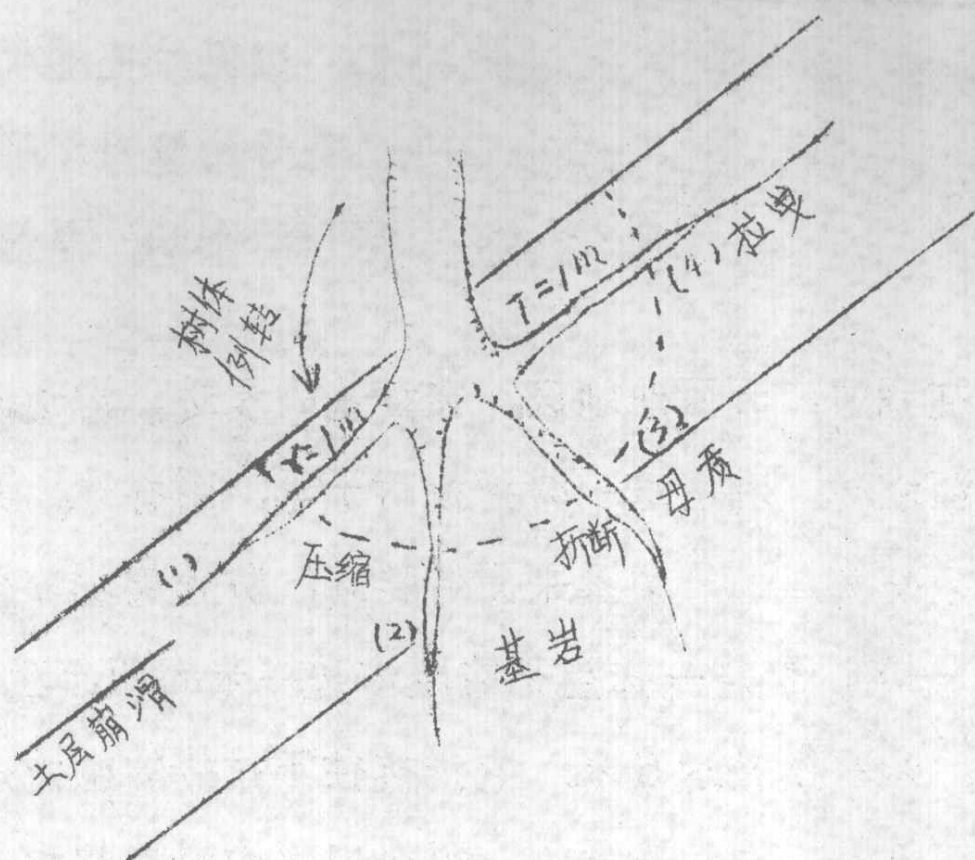


图4—5 土层崩落时对树体各部分作用力的示意模式



而且根系的深度、广度和根量均大于元宝枫。油松主根明显，深达2.23米，水平根和心状根也相当发达，一般可长达2~3米（如图4—6）吸收根主要分布在40厘米以上。元宝枫根也有明显的主根根和侧根但不如油松发达，主根分布深度1.4米左右，水平根和心状根一般长达1.5~2米。由于油松根系和元宝枫根系的不同特点，它们在混交林中的分布比较均匀合理，上下层土体都能有较密集的根群。所以，他们具有很强的固持土壤的作用。

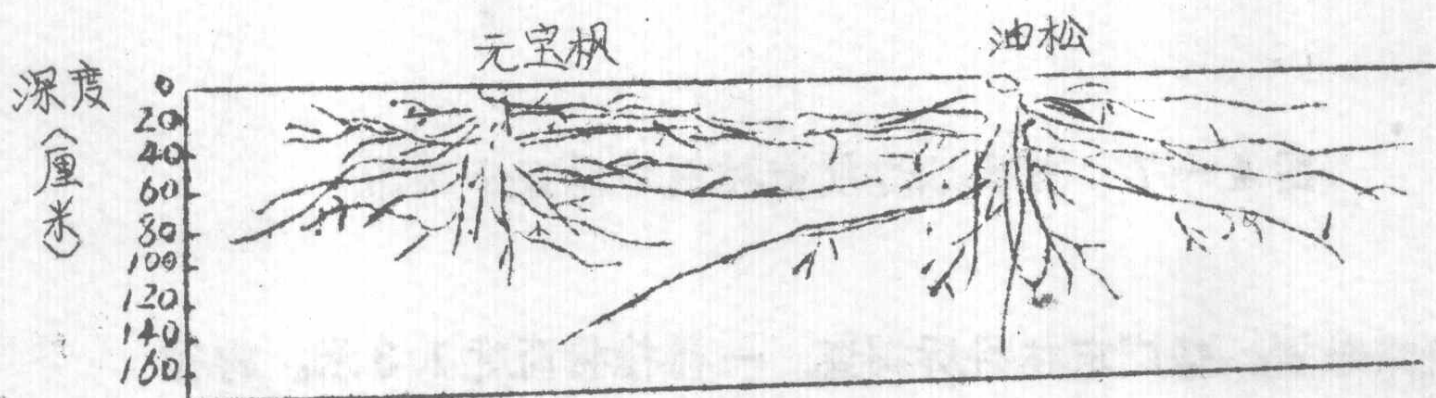


图4—6 元宝枫、油松根系垂直分布图

又如，在我国广大西北地区，在黄土的塬边、沟边、梯田坎上营造的柠条灌木林，利用这一树种极耐干旱、耐脊薄，具有发达的地上部分和生长深、广的根系来固持陡坎，防止崩塌的效果极为明显。如图4—7。这是一株生长在距沟边一米的四年生柠条，主根深达2.5米，水平根长达5米，它抵抗往下拉撕的能力是相当强的。人们常常看到凡是有沟边造林的，很少出现沟沿崩塌现象发生。

在我国北方和南方都有大量生长的壳斗科的一些树种，大多数是深根性树种，垂直主根粗壮，侧根也比较发达，所以抵抗重力侵

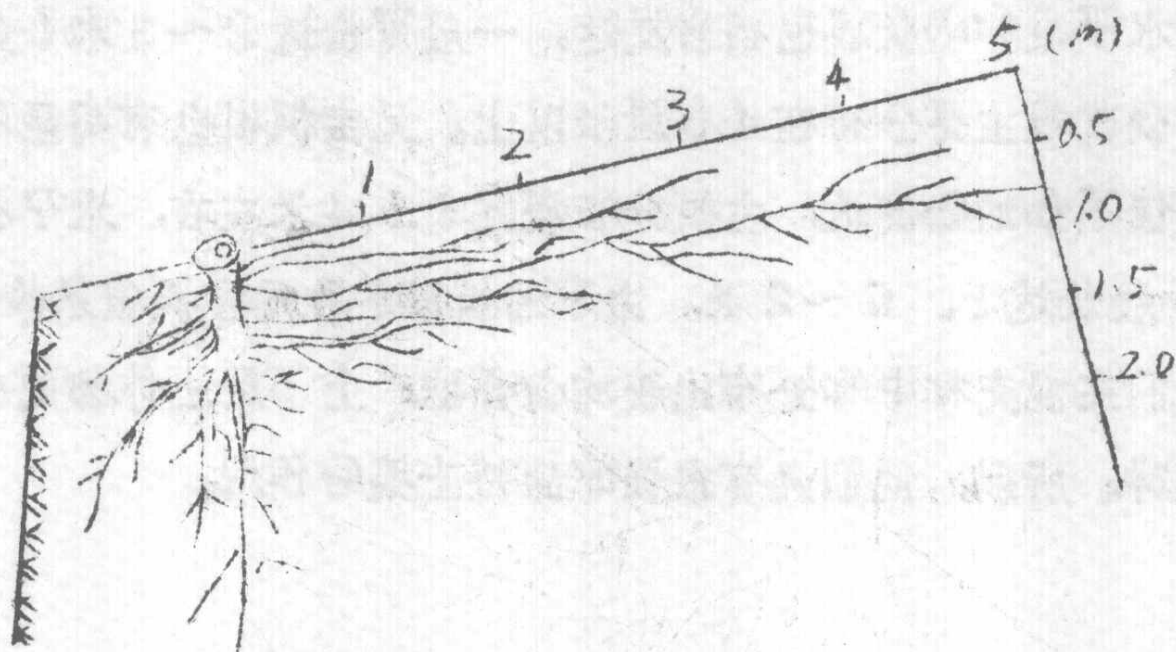


图 4—7 柠条地边埂造林根系垂直分布图

蚀的能力很强。据广东林科所调查，一株椎树高度 13 米，胸径 28 厘米，有一条垂直的主根，粗度 16 厘米，深达 2.5 米，扎入基岩之中，水平根幅达 11 米，骨干根的直径都在 6~8 厘米，也扩展到较深的土层中。（如图 4—8）。所以，对防止崩塌、滑坡和阻挡崩滑体移动都有较大的作用。

对于泻溜、浅层滑坡和小块崩塌，水土保持林完全能够控制，已不容置疑了；但若暴雨量和崩滑规模超过了林木根系所能抵抗的限度，则重力侵蚀仍会发生。不过，一般也只限于局部地段。此外，当有大面积水土保持林存在时，在一些地质地貌基础不具备重力侵蚀因素之处，林木可对上面的崩滑体起阻挡作用，从而大大减少形成泥石流的物质来源。另外，由于根系在土壤内分布的深而广，不断地吸收深层的水分，可利用树木的大量蒸腾作用，让不透水层的潜流大大减少，也可以起到减少滑坡的发生。



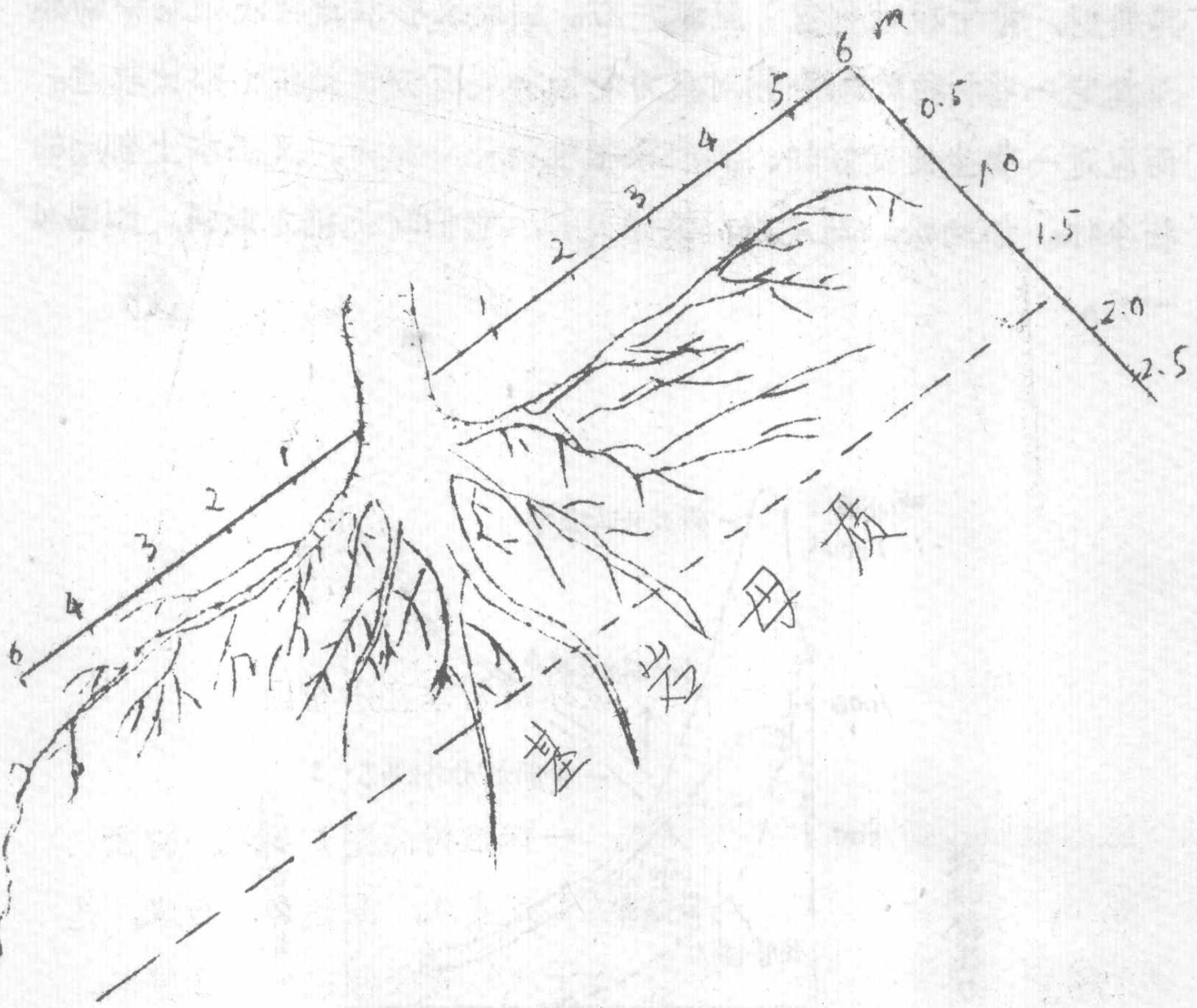


图 4—8 椎树根系沿山坡的垂直分布图

当石洪在其发展过程中遇有足够强大的林分时，移动就会减慢，破坏力也就会减弱。因此，在石洪流域上游保存和营造水土保持林就显得特别重要。当石洪上游无林而只是山坡的下部有林时，就不能完全消除发生石洪的危险。

不同的林分状况对重力侵蚀及泥石流的抵抗力是大不一样的。幼林和一些浅根性的抵抗力较差，如在我国南方大面积种植的10年生杉木林，没有明显的垂直主根，根系也不够粗壮，中小根比较多，水平根幅也不够宽广。根系最深达1米，一般分布在0.5米

以上，根系较浅，水平根幅约5米，但根系大部集中在树干之下及其周围，骨干根径仅仅1厘米左右。因而象杉木这样浅根系中幼林和其它一些树种的幼令林对重力侵蚀和泥石流的抵抗力都比较差。而应是一些生长良好的，具有深根性树种参加的，又基本上郁闭的壮令林，如油松，马尾松，橡栎类等，它们的抵抗力最强。如图4-9。

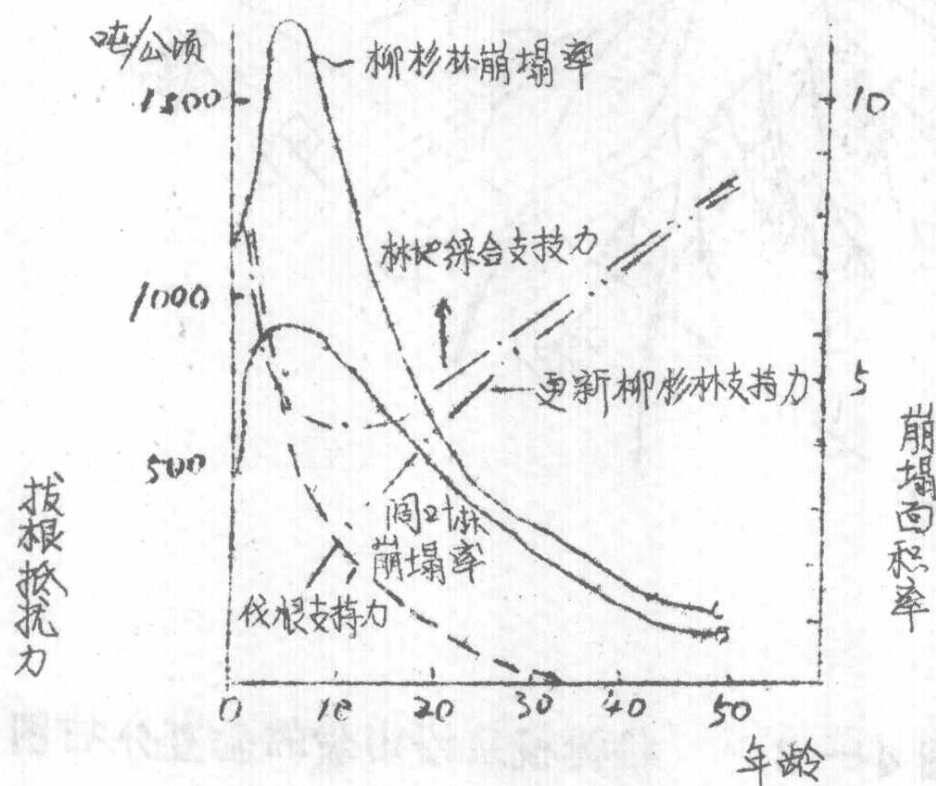


图 4 - 9

日本从力学计算，每平方米的固持力大于135公斤。从我们实测41年生山杏的固持力3375公斤以上。各地实测可在松散土上固持的稳定坡度大于38°。

基于以上各节的分析和事实，我们也已知道，为了减少或防止重力侵蚀及泥石流的发生，用人工形成，改造和维护具有深根性树种的乔灌木混交复层异龄壮龄林，就可以控制重力侵蚀和泥石流的



发生条件。

混交林（复层异龄壮龄林）的共同特点是林下灌木、草类、苔藓、地衣茂密，具有深厚枯枝落叶层和腐殖质层，其下是土壤动物繁多，发育良好的土壤层。深根系植物种的根系不仅穿透底土，风化土砂和换质岩石，其中深根系的壮龄植物顺基岩节理盘结拌持。

## 第五章 水土保持林体系的建设

### 第一节 山区、丘陵区综合治理与水土保持林

山区和丘陵区地形条件的多样性，一方面决定了各个地形部位上适宜从事的生产方向和内容不同，另外一方面，也反映出不同地形部位水土流失特点的差异。因此，中、小流域的综合规划，必须从土地利用的规划开始。从分析研究现有土地利用现状，考察当地多年的生产传统和经验，和发展经济的远景，并评价现有土地利用状况的合理与否，然后提出并产生新的，相对合理的，符合当地自然规律和经济规律的土地利用方向和内容。当然，新的土地利用规划只应是土地利用现状基础上的完善与合理化。因为规划中必须承认群众多年生产利用当地水土资源的某些合理性。这就是说土地利用规划必须以土地类型（地貌条件与土地利用的结合）为基础。山区和丘陵区一般都具有发展农、林、牧业生产的土地和自然条件。



和平原地区不同。山区具有发展综合生产、建立综合农业经济结构、进行多种经营和取得多种产品的优越条件。这就决定了山区、丘陵区拥有巨大的生产潜力。如何充分发挥这一生产潜力？在中、小流域范围内，合理规划土地利用方向和生产内容的条件下，各个生产用地上必须及时地采取适合山区条件下的生产措施和水土保持措施。这些措施的主要目的在于改善生产用地的水土条件，改善这些生产用地的生产条件。由此看来，山区的水土保持措施实质上是保障和增加生产的生产措施，是山区生产建设必不可少的组成部分。“水土保持是山区生产的生命线”的道理即在此。综合的水土保持措施是山区各项生产用地上进行合理生产活动的必要组成部分。农业用地是如此，畜牧业用地是如此，经济林用地是如此，甚至专用的林业用地也是如此。我们说变单一的农业经济结构为综合的农业经济结构，农、林、牧、付、渔等全面发展是把合理规划生产用地，注意各种生产用地的适当比例作为其基础的。此外，近来国外提出农林牧相结合的新概念，即在同一土地上，在相同条件下增加土地总产量的土地管理体系。这就是说在同一个土地单位上把农作物的生产和森林植被的生产或者畜牧业的生产同时或按先后次序结合起来。这一新概念的主要之点是在同一个土地单位上农林牧相结合。从这一意义上看，水土保持林呈带状或块状，在同一土地上和农业（作物）用地和牧业用地相结合，是发挥土地生产潜力，提高土地总的生产率的合理的有机组成部分。

水土保持林作为改善各种生产用地上生产条件的一种手段，一是要以水土保持林特有的防护效益为其理论依据，二是要考查各类生产用地所处的地形条件，或水土流失特点进行合理的配置以发挥其改善水土条件的作用。因此，所谓水土保持林的配置就是水土保

保持林在各类生产用地上的规划和布设。在水土保持林这个总的林种范畴内，根据其所配置的地貌部位和各类土地防护方面的特点，可把这些具有不同营造目的和特定作用的水土保持林细分为水土保持林的林种。划分水土保持林的林种是开展水土保持林工作的需要。我们过去（1959~1960年）曾提出过我国黄土高原和石质山区水土保持林林种、体系的划分。随着时间的推移，和工作的深入，特别是“三北”防护林建设工程的兴建，以我国北方地区为主，小流域范围内水土保持林种、体系应包括如下内容：

一、① 分水岭防护林

二、坡面上水土保持林

② 护坡用材林

③ 护坡薪炭林

④ 泥石流沟道护坡林

⑤ 护坡放牧林

⑥ 土质水平梯田地坎防护林

⑦ 石质（地坎）水平梯田地坎防护林

⑧ 坡式耕地防护林

⑨ 山地梯田（坡地）农林间作

三、⑩ 黄土高原、西北边沿防护林

四、山区水文网、侵蚀沟道的水土保持林

⑪ 沟头防护林

⑫ 侵蚀沟道和沟坡的防护林

⑬ 石质山地沟道防护林

⑭ 山地池塘水库周围的防护林

五、河川两岸防护林



### ⑮ 河川护滩林

### ⑯ 河川护岸林

这些水土保持林的林种，及其形成的系统（或体系）在中、小流域范围内各个生产用地上发挥着水源涵养和水土保持作用，它们在地形上配置的位置互相联系，水土保持的作用互相补充，形成一个完善的防护体系。显然，在任何一个中、小流域范围内，除过这些人工的水土保持林之外，实际还存在和分布着以其它生产目的为主的林业生产内容，如：现有的天然林，天然次生林，现有保存的人工乔、灌木林，四旁植树，木本粮油基地，果园等等。这些林业生产用地在发挥水土保持效益，和改善区域生态条件上无疑也在发挥着作用。这是因为它们和上述人工营造的水土保持林体系一样，在流域范围内既复盖着一定的面积，又占据着一定的空间，况且，象果园和木本粮油基地等，在水土流失的山区和丘陵区，如果期望获得预期的经济效益，必须搞好林地上的水土保持工作。但是，应该指出的是，尽管中、小流域范围内的这些林业生产内容也发挥着一定的水土保持作用，因其主要的营林目的不同，而不能与主要发挥水土保持作用的水土保持林林种，体系混同起来。

中、小流域范围内，水土保持体系各个林种的配置，必须以流域内土地合理利用和综合治理规划为基础。根据当地发展林业生产的需要和人民生活的需要，根据水源涵养，水土保持以至改善各种生产用地，水土条件的需要，进行水土保持林的合理规划。规划配置中要贯彻“因害设防、因地制宜”和“生物措施与工程措施相结合”的原则，在林种配置形式上，则应根据当地实际情况，（林）带，片（林），（林）网相结合，在北方土壤，气候条件比较困难的一些地区，在树种，植物种选择上，甚至有乔（木），灌（木），



草(种)相结合的提法。

一个流域或一个地区水土保持林体系(包括其它林业生产用地的复被面积)的占地比例,或森林复被率问题是人们十分关注的问题。正如前述,以森林植被为主体的下垫面对区域性的生态环境条件,包括水分平衡和热量平衡有着良好的影响。根据林地合理、均匀分布,不同林地复被率对运流、泥沙的影响所获得的资料,一般认为一个流域林地复被率在30%以上时,水土保持效果比较明显。近来一些学者认为,合理的森林复被率的低限不应是30%,而应是再高一些。我国现有的森林复被情况,据1973~1976年全国森林资源清查资料,全国人工林保存面积4.2亿亩,四旁植树120亿株,森林总面积18.3亿亩,森林复被率12.7%。(世界平均为22%)居世界各国之120位。我国天然林区主要分布在东北、西南的边远山区,有11个省(区)森林复盖率不到10%,西北五省(区)平均2.6%。“三北”防护林地区,占国土面积27%的土地上,森林复被率仅2.1%。黄河中游的黄土高原,天然林和天然次生林仅占总土地面积的2%,加上建国以来保存的人工<sup>林</sup>面积不过5%。这样一个森林复被状况,在山区、丘陵区,人口密度高的地区,水土流失问题,土地沙化问题,生态灾难问题,必然日趋严重。考查水土流失地区水土保持林体系经营造效果时,应注意按流域按水系进行统计比较;应研究这些林种配置、布局的均匀分布的合理性。通过人的主观能动性,大力发展水土保持林的营造,增加当地林地的复被率,即使是幼龄人工林也会明显地显示其多种效益。陕西渭北高原的淳化县,1981年的森林(林地)复被率已由1975年前的9.6%猛增至21.164%,山西雁北黄土丘陵区的右玉县1981年的森林复被率已由解放前



的0.3%提高到21.5%（有报导说已达28%？）。这两个林业先进县，从无林或少林到林地复被率的逐步增加，生产条件和自然面貌都在发生着逐渐而深刻的变化。如果按“三北”防护林第一期工程的任务，并考虑到这两个县宜林地的潜力和农业经济结构合理变化后可以提供的退耕还林的土地面积计算估计这两个县的森林复被率可以达到30~45%。参照这两个林业先进县已经实现的结果和其预期目标，建立起黄土高原总的防护林体系，提高其复被率达到20~30%还是可能的（到2000年，我国森林复被率规划达到20%）。这样一个保守的、粗略的估算展示了黄土高原美好的前景：千百万个小流域。（据黄河水利委员会统计资料，黄土高原主沟长度在6~10公里的小流域计有47000个）形成各自的防护林体系，并由高原上黄河的各个支流有机地把它们合成黄土高原总的防护林体系之后，随着林木的成长和发挥其多种效益，黄土高原的生态条件必将朝着有利于改善生产生活条件的方向发生缓慢而深刻的变化。

### 一、分水岭防护林

分水岭防护林兼有水源涵养、水土保持、防风、风景林等方面的作用。分水岭所处的位置最高，环境条件恶劣，风大，温度变化剧烈，土壤干旱瘠薄。分水岭是地面径流的起源地。

石山区的分水岭为山脊部位，石多土浅，植物稀少，应封禁保护已有的乔灌木和草皮。在立地条件较好的石山顶部可用鱼鳞坑或带状整地造林，要全面封禁保护。

黄土丘陵沟壑区梁峁<sup>山</sup>是分水岭的主要地貌类型，两沟夹一梁。

呈波状高出的园形。椭圆形的立顶为<sup>山</sup>。梁<sup>山</sup>造林的目的是防止风蚀，涵养水源，控制径流起点，改善小气候，保护农田。

梁<sup>山</sup>造林，若顶部荒芜，可全面造林或帽状造林，乔灌混交，若顶部平缓有农田，可沿农田边缘营造林带，宽10—20米，疏透结构，两边配置伴生树种种灌木。

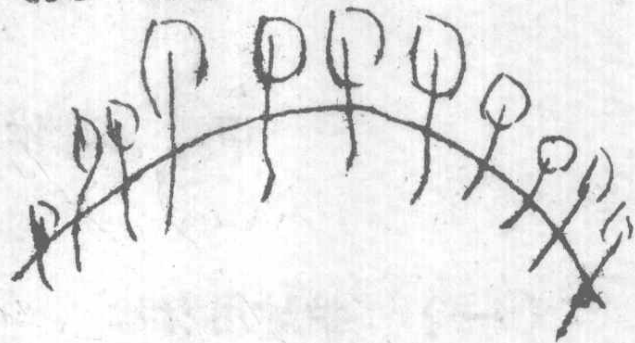


图5-1 梁<sup>山</sup>造林断面图

分水岭造林应选抗风力强，耐高寒，耐干旱，耐瘠薄的深根性乔灌木，如黄土丘陵沟壑区常用侧柏，油松，白榆，杜梨，柠条等，南方石山区常用黑松，马尾松，麻栎，黄连木，枫香，木荷等。

### 三、坡面上水土保持林的配置

山区和丘陵区山地斜坡坡面，一方面多是适合于进行农、林、牧业生产利用的土地；另一方面，这些山地斜坡及侵蚀沟道的沟坡又是当地坡面集流和发生土壤侵蚀的基地。这些坡面土地与沟坝地、川滩地等基本农田土地间杂分布，坡面的水土流失状况或其治理状况如何不仅影响坡面本身生产利用的可能性及其生产力，而且也直接影响到这些基本农田的生产条件。在大多数山区和丘陵区，从土地利用分布的特点而言，坡面多是进行林牧业生产的基地。适宜于农业利用的土地只限于那些坡度较缓（ $<15^\circ$ ）。坡面较长，土层较厚的局部的坡耕地和一些需要修成各种形式梯田的土地。因此，配置在坡面上的水土保持林多呈分散分布，成为当地森林复被率的重要组成部分，发挥着控制坡面径流泥沙直接为保障和改善坡面和



沟道内农牧业生产条件的作用。同时，也将提供林业的直接经济效益。

### 甲、划作林业用地的护坡林

#### (一) 护坡用材林

水土流失的宜林山地斜坡上营林的主要目的应是防护林(护坡林)。但是，在一些立地条件较好的地段，群众造林还是着眼于经济目的，希望能收获一定的木材。水土流失地区多年造林的经验证明，由于山地斜坡水土流失的长期影响，或是土层浅薄，或是土壤干旱，脊薄，反映出造林地立地条件恶化，立地指数低，山地的土地生产率比较低微。(比同一地区的平原条件下林地木材生产量要低2~3倍以上)。因而，一般在这样的地区，不能期望生产优质木材，而只可以生产一些规格或小径材，或矿柱材等。

以培育小径材为其经济目的的护坡林，应通过树种选择，混交配置，或其它经营措施。一是要保障和增加目的用材树种的生长速度和生长量，另外，应力图长短结合及早有其它的经济收益(如薪柴、编织材料等林副产品，甚至林、粮间作的收益等)。

这类造林地，一般的造林立地条件比较困难(如水土流失，干旱，风大，霜冻等)，应通过水土保持的坡面工程，如水平阶，反坡梯田，窄带梯田，或鱼鳞坑等整地措施，进行细致的造林整地，人工改善幼树成活和生长的条件。树种选择搭配上一般应采用乔、灌木树种的混交使之形成复层林冠，使幼林成活。发育的过程中，发挥生物群体相互间的有利影响，为提高主要树种的生长及其稳定性创造有利条件，同时，通过一定的混交形成，有利于达到林分尽

快郁闭。形成较好的森林枯枝落叶层发挥其涵养水源、调节坡面径流、固持土体的作用。

护坡用材林的树种混交建议采用以下型式：

① 主要乔木树种行与灌木带的混交。

基本沿等高线，结合水土保持整地措施，先造灌木带（例如北方地区可采用沙棘，或灌木柳，每带由2~3行组成，行距1米，株距）带间距3~5米，待灌木成活经过一次平茬后，再在带间栽植乔木树种1~2行，株距1~1.5米。

② 乔、灌木隔行混交。

乔、灌木同时进行造林，采用乔木与灌木行间混交。

③ 结合农林间作的乔木纯林

生产上，由于种苗准备、劳动调配组织，和群众多年形成的造林习惯等原因，广泛采用营造乔木纯林的方式，如果培育、经营措施得当，也可取得较好的效果。采用乔木纯林，在结合窄带梯田或反坡梯田等整地措施的同时，在乔木林冠郁闭以前，行间间作一些农作物，既可获得部分农产品（如豆类、块根、块茎作物等），又可达达到保水保土，改善林木生长条件，促进其生长量的目的。

## （二）护坡薪炭林

发展薪炭林解决农村生活用能源（主要是做饭取暖等）的需要是水土流失地区一项非常急迫的任务。我国“三北”防护林建设工程水土流失地区第一期（1978~1985年）营林任务，主要是发展薪炭林，反映了这一问题的紧迫性。实际上农村能源短缺是全国性的问题，“三北”水土流失地区不过更为严重罢了。

据统计，我国8亿农村人口中基本可以薪柴自给者仅占7.18%。其余一般多缺柴4~6个月。这里所谓的“自给”是指在各地



燃料构成中还包括一些不应作为薪柴的成份。如作物的秸秆、草根、树皮、甚至牛羊粪等。如果剔除应该合理用作饲料、肥料等的部分则燃料短缺的情况更为严重。

在发展中国家，有15亿人至少是从木材和木炭中得到他们所需能源的90%。另外，有10亿人所需能源中50%来自木材和木炭。据估计，世界木材生产总量中至少有一半用作薪炭材。和我国一些严重缺燃料地区一样，热带、亚热带的非洲国家、中近东国家，如巴基斯坦、阿富汗、孟加拉和印度等，由于薪材严重短缺差不多把牛羊粪作为传统的农村燃料。因此，在1978年世界能源危机的冲击下，关于农村能源问题，已引起很多国家的注意，并设法找出解决能源的途径。我国政府也把解决农村能源作为国家能源问题的主要组成部分，竭力从制定政策、开源节流以至科学研究等方面寻求有效的解决途径。

由于农村生活用能源短缺所引起的后果是严重的。

1. 破坏森林或林地，影响林业的正常发展。据统计云南省森林资源急剧下降，全省每年森林资源总消耗量作为薪炭柴者占64.7%，海南岛建国以来，到1979年，原木生产仅500万立方米，而薪炭柴则消耗掉7530万立方米，使原有森林面积1295万亩减至现有的300万亩。因为人们缺乏燃料，各处人工幼林多遭到破坏，直接影响其成林成材。或人工幼林过渡修枝，或扫尽林地枯落物恶化林地状况，影响发挥林地应有的经济和防护效益。至于干旱、半干旱或荒漠地区，由于掠夺地破坏天然林木以获得薪炭（如胡杨天然林、梭梭林、怪柳沙堆（林），和沙枣林等）所造成的难以挽回的生态灾难，更是相当严重的。正如我国林业主管部门所总结出的那样，单从发展林业的角度看，我们没有抓好薪